doi:10.11659/jjssx.03E025003

·综 述·

超声引导下髋关节囊周围神经阻滞的研究进展

田晨珂[1],靳红绪[2] (1.河北医科大学研究生学院,河北 石家庄 050000;2.衡水市人民医院麻醉科,河北 衡水 053000)

[摘 要] 在髋部骨折围术期管理中,优化区域阻滞镇痛策略面临挑战。腰丛阻滞、髂筋膜间隙阻滞及股神经阻滞等传统方法虽有一定镇痛效果,但在关节囊周边区域的镇痛作用有限。因此,髋关节囊周围神经(PENG)阻滞作为一种新技术应运而生,该技术专注于关节前囊的感觉神经阻滞,旨在为髋部骨折患者提供更为有效的镇痛方案,不仅能避免影响股四头肌肌力,还能最大程度保留下肢运动功能,从而有效减少围术期并发症的发生。鉴于其在促进早期康复方面的积极作用,PENG阻滞技术正逐步在临床实践中得到推广与应用。本文围绕超声引导下PENG阻滞的方法、围术期应用效果、与常规阻滞技术的对比以及该技术临床应用的最新研究进展进行综述,以期为临床实践提供参考依据。

[关键词] 超声;髋关节囊周围神经;神经阻滞;区域阻滞;髋部骨折;镇痛;全髋关节置换术
[中图分类号] R614.4 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-03-02

Research progress of ultrasound-guided pericapsular nerve group block

TIAN Chen-ke[1], JIN Hong-xu[2] (1. Graduate School of Hebei Medical University, Shijiazhuang Hebei 050000, China; 2. Department of Anesthesiology, Hengshui People's Hospital, Hengshui Hebei 053000, China)

Abstract: Optimizing the regional block analgesia strategy remains a challenge in the perioperative management of hip fractures. Conventional techniques such as lumbar plexus block, fascia iliaca compartment block and femoral nerve block provide some analgesic effect, yet their analgesic efficacy is limited in the periarticular area of the hip joint. Thus, the pericapsular nerve group (PENG) block of the hip joint has emerged as a novel technique. Focusing on the sensory nerve block of the anterior articular capsule, this technique is designed to provide a more effective analgesia for patients with hip fractures. It not only avoids impairing the strength of the quadriceps femoris muscle but also maximally preserves the motor function of the lower extremities, thereby effectively reducing the incidence of perioperative complications. Owing to its positive role in promoting early rehabilitation, the PENG block technique is gradually gaining popularity in clinical practice. This article reviews the methodology, perioperative application effect, comparison with conventional block techniques, as well as the latest research progress of clinical application of ultrasound-guided PENG block, aiming to provide a reference for clinical practice.

Keywords: ultrasound; pericapsular nerve group; nerve block; regional block; hip fracture; analgesia; total hip arthroplasty

近年来,全髋关节置换术在骨科手术中的需求显著增加。据预测,相比2021年,其手术量至2040年将增加176%,到2060年更可能增加659%[1]。随着手术数量的增加,缩短住院时间成为了临床关注的重点,这推动了加速康复外科理念的发展。全髋关节置换患者常伴有中、重度术后疼痛,不仅影响髋关节早期功能锻炼,也会延长恢复时间、增加并发症风险,严重影响手术效果及术后康复进程,从而降低患者满意度[1]。因此,良好的术后镇痛对于实现早期下床活动、改善术后转归具有重要意义[2]。区域麻醉技术因能有效控制术后疼痛、促进患者早期活动,已成为全髋关节置换术围术期管理的关键环节[2-3]。

髋关节前囊由股神经、闭孔神经及副闭孔神经的共同关节支支配,是感觉神经密集分布区域。髋关节囊周围神经(pericapsular nerve group,PENG)阻滞以这些关节支为靶点,可针对性地阻断疼痛信号传导,在提供有效镇痛的同时保留运动功能,有利于患者术后康复。近年来,随着超声技术的进步和对髋周神经解剖结构的深入了解,PENG阻滞因起效快、镇痛效果确切、运动功能保留等显著优势,在髋部手术及急慢性疼痛管理中的应用日益广泛。然而,目前关于PENG阻滞在不同患者群体中的适用性、标准化操作流程、药物剂量选择以及与其他常规阻滞技术的疗效对比和联合应用策略等方面仍存在争议,且部分关键问题尚未明确。因此,本文旨在综述超声引导下PENG阻滞技术的方法、围术期应用效果、与常规阻滞技术的对比以及该技术临床应用的最新研究进展,以期为临床实践提供理论依据与技术参考,进而优化全髋关节置换术患者的围术期镇痛管理。

[基金项目] 河北省医学科学研究重点课题计划(20232169)
[通信作者] 靳红绪,E-mail:jinhongxu998@163.com

1 超声引导下PENG阻滞的方法

1.1 解剖结构

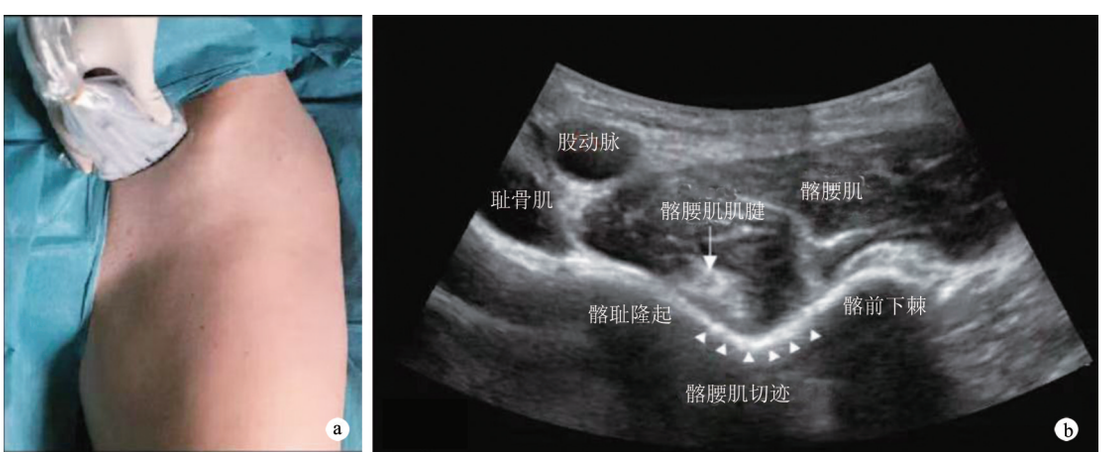
全髋关节置换术后急性疼痛的核心解剖学来源已被证实为髋关节前囊区域,该区域因富含伤害性感受器而成为主要疼痛靶点[1-2]。有研究揭示,该区域的神经支配主要来源于股神经、闭孔神经及副闭孔神经三组神经丛[1,3-4]。另外,Short等[5]通过解剖学研究发现,股神经、闭孔神经及副闭孔神经的末梢在关节囊前上象限显著聚集,其中股神经与闭孔神经被证实为髋关节前囊的主要支配神经,而副闭孔神经仅参与12%~15%的神经支配[6]。基于神经分布的解剖学特征,Girón-Arango等[7]于2018年首次提出PENG阻滞技术,通过靶向阻滞股神经和闭孔神经的关节支,术后动态疼痛评分较空白组降低了58%。但该研究未纳入老年或肥胖人群,这可能高估了临床实际成功率。

1.2 穿刺入路

超声引导下髋关节区解剖可视化显示下,耻骨上支及髂耻隆起等高回声骨性标志可作为精准定位的参考。耻骨上支、髂耻隆起及腹股沟韧带共同围合成髂耻间隙,由髂耻筋膜分隔形成外侧肌腔隙(含髂腰肌)和内侧血管腔隙(含股血管神经束)的典型双腔解剖模型[4]。其中,与髂耻隆起间形成的骨性浅沟,为髂腰肌肌腱的解剖学走行区域,而阻滞的核心靶区即定位于此浅沟外侧的肌腔隙内,该区域麻醉药物的精准扩散可有效阻滞髋前囊神经丛。

目前临床实施的阻滞方法主要采用3种超声定位策略:腹股沟韧带平行法、髂耻切迹切面法、改良Acharya入路。腹股沟韧带平行法:探头平行置于腹股沟韧带上方,获取股骨头横断面影像后,探头向头侧平移,依次显示耻骨上支及髂耻隆起的连续骨皮质影像,同时辨识耻骨肌、髂腰肌与股血管结构的层次关系[7]。髂耻切迹切面法:探头水平横置与耻骨上支对齐,清晰显示髂耻切迹及髂腰肌肌腱横断面,采用平面内技术穿透髂腰肌至耻骨间筋膜平面,回抽无血后分次给药[6]。改良Acharya入路:探头沿腹股沟自上方向下方移动,调整角度获取耻骨连续骨皮质影像,通过平面外穿刺观察麻醉药物在髂腰肌肌腱下方的扩散模式,动态调整进针深度以避免肌内注射[8-10]。

定位核心操作要素:准确识别与髂耻隆起构成的"双峰一沟"解剖特征;动态追踪髂腰肌肌腱的走行轨迹;实时监控麻醉药物在肌腔隙内的扩散范围。需特别注意的是,对于肥胖(BMI>35 kg/m^2)患者,约有20%的病例因超声显影困难导致定位偏差,这凸显了开发出新型定位技术的重要性。



a:超声探头位置;b:横斜位穿刺路径超声图像

图1 PENG阻滞

1.3 药物选择和扩散范围

在临床实践中,阻滞的镇痛时效性一直是麻醉医师关注的重点。相关研究显示,不同患者接受相同剂量的麻醉药物阻滞后,镇痛持续时间为6~32 h[9],这种显著的个体差异可能与患者的解剖变异有关,故临床应重新审视传统剂量方案的科学性。结合笔者临床经验,采用20 mL 0.375%罗哌卡因进行阻滞的方案可在保证镇痛效果的同时将股四头肌肌力减退的发生率控制在5%以下,这印证了现有文献推荐该剂量作为常规选择的合理性。另有相关研究表明,30 mL染料注射可沿股神经向远端扩散至膝关节,同时累及股外侧皮神经和闭孔神经支配区,该模式下扩散区域较20 mL剂量组扩大38%[11]。一项临床观察证实,30 mL麻醉药物可引发多神经支配区(包括股外侧皮神经、闭孔神经及股神经前皮支)感觉缺失,并伴随股四头肌肌力下降(发生率9.1%),这突显了剂量精准调控在维持运动功能中的关键作用[12]。

1.4 注意事项

有研究指出,在进行PENG阻滞时,穿刺点的选择至关重要[13-15]。因股外侧皮神经在腹股沟韧带下方进入大腿时存在解剖分支,为避免误伤股外侧皮神经,穿刺点不应设在腹股沟韧带以下。采用由外向内的穿刺方法时,鉴于股外侧皮神经在腹股沟韧带下方的变异性较大,且低频凸阵探头对其显像效果不佳,若患者主诉大腿外侧疼痛,应立即停止进针,并重新规划穿刺路径。若选择从探头内侧进针,则需仔细辨识并避开股神经、股动脉和股静脉。此外,Mistry等[16]的研究强调,在耻骨肌下方注射大容量局部麻醉药物时,还需注意耻骨支上方偏内侧区域,因该部位毗邻膀胱和输尿管,存在膀胱和输尿管损伤风险。Del Buono等[17]对髋部骨折患者术前实施PENG阻滞并尝试放置连续导管时,有3例出现导管内血液反流,通过调整针尖位置,使其更靠近髂耻隆起,并再次置管,最终获得成功。然而,相对陡峭的穿刺针角度及导管出针处的耻骨面形态,可能阻碍连续导管顺利置入。鉴于PENG阻滞技术较新,且相关研究报道有限,因此在操作过程中应高度警惕可能出现的并发症,如阻滞后感染、血肿、过敏反应、局部麻醉药物中毒、穿刺针引起的神经或脏器损伤等,这些并发症的预防和及时处理对于患者的安全和手术的成功至关重要。

2 PENG阻滞的围术期应用效果

传统的神经阻滞方法在髋关节手术中的镇痛效果并不理想,且可能导致患者术后肌力受损,进而延长康复周期[18]。腹股沟韧带上方发出支配髋关节囊的关节分支,部分患者的腹股沟韧带上方亦发出支配关节感觉的关节支,这些分支对痛觉反应至关重要[19]。值得注意的是,这些神经分支主要承担感觉功能,并不参与肌力支配,故PENG阻滞具有保留运动功能的特性。

2.1 镇痛效能

现有临床研究证实了PENG阻滞在术后急性疼痛管理中的核心价值。Pascarella等[20]的前瞻性研究显示,PENG阻滞技术可降低髋关节置换患者术后24 h静息疼痛评分(从4.9分降至2.1分,降幅57%),这一结果验证了该技术在前囊感觉神经靶向阻滞中的有效性。从解剖学视角分析,阻滞持续时间(6~32 h)的个体差异是多因素共同作用的结果。除已知的局部麻醉药物代谢差异外,以下因素也起着关键作用:①肥胖患者(BMI>35 kg/m^2)因筋膜间隙脂肪浸润,药物扩散常受阻于髂耻线前侧,导致阻滞时间缩短;②肌肉发达者因筋膜张力较高,可形成“药物储库效应”,使镇痛时间延长;③老年骨质疏松患者的耻骨骨膜渗透性增加,导致有效阻滞时间缩短。未来研究可结合影像学技术(如MRI)评估患者特异性解剖对药代动力学的影响。

2.2 运动功能保留特性

Pascarella等[20]的研究显示,PENG阻滞具有选择性阻滞髋关节感觉支的特性,展现出独特的运动保留优势。PENG阻滞的核心优势在于其选择性阻滞髋关节前囊的感觉神经(股神经及闭孔神经关节支),同时可避免对股四头肌运动纤维的干扰。Pascarella等[20]的研究发现,采用PENG阻滞的患者术后6 h关节活动度较术前提升42%(78° *vs.* 55°),这一结果可能与疼痛介导的运动抑制解除有关。Lin等[21]的研究进一步证实,行PENG阻滞的患者术后24 h的步行距离(15.2 m *vs.* 8.7 m)及股四头肌肌力评估量表评分(4.1分 *vs.* 3.3分)均显著优于行股神经阻滞的患者。然而,笔者在临床实践中发现,对于合并腰椎管狭窄的患者,即使成功行PENG阻滞,术后患者关节活动度改善仍有限(仅提升18%),其原因可能是长期未得到有效缓解的疼痛是诱导中枢敏化发生的经典病理模型之一,提示中枢敏化可能削弱PENG阻滞的疗效。因此,未来研究需纳入神经病理性疼痛评估,以明确该技术的适用范围。另一项研究发现,接受PENG阻滞的患者中仍有9.5%(4/42)出现短暂性屈髋无力[22],提示局部麻醉药物扩散可能影响神经根运动纤维。

另外,笔者在5例肥胖患者中发现,即使注射20 mL局部麻醉药物,药物仍可能因筋膜间隙狭窄向近端扩散,导致股四头肌肌力下降。因此,建议此类患者采用分次注射(先10 mL,观察扩散后再追加5~10 mL),并优先选择低浓度(0.2%)罗哌卡因以减少运动神经渗透。

3 PENG阻滞与传统阻滞的对比分析

近年研究系统揭示了PENG阻滞相较于传统镇痛技术的多种优势。在即时镇痛效能方面,杨曙光等[23]的随机对照试验显示,超声引导下PENG阻滞实施5 min后,老年髋部骨折患者翻身疼痛评分即从基线的(7.8±1.2)分骤降至(3.1±0.9)分,首次下床时间较空白对照组缩短4.3 h(15.6 h *vs.* 19.9 h)。PENG阻滞快速起效的特性显著优于传统髂筋膜间隙阻滞,这可能是由于髂筋膜间隙阻滞药物需穿透多层筋膜,常延迟20~30 min达峰值效应[24]。在运动功能保留方面,崔明珠等[25]的前瞻性研究也提供了关键证据:PENG阻

滞患者术后24 h吗啡消耗量较髂筋膜间隙阻滞患者降低39%[(8.7±2.1)mg *vs.* (14.3±3.5)mg],同时股四头肌肌力保留率提升至92%(髂筋膜间隙阻滞患者为65%)。因此,PENG阻滞凭借其快速强效的镇痛与卓越的运动功能保留能力,显著加快了髋部骨折患者的康复进程。

4 临床应用

4.1 髋关节手术

作为区域麻醉领域的突破性技术,PENG阻滞在骨科手术中的应用价值已超越单纯镇痛。一项针对全髋关节置换术的临床实践显示,该技术通过靶向阻滞髋关节前囊神经丛,术后24 h静息和运动疼痛评分均低于髂筋膜阻滞患者,被动屈髋角度增加大于髂筋膜阻滞患者,提示PENG阻滞可以快速减轻患者早期疼痛,优化镇痛模式,从而提高早期康复质量[25]。PENG阻滞的优势还体现在操作效率上,其在超声引导下的穿刺时间较传统椎管内麻醉缩短45%,这对血流动力学不稳定的高龄患者尤为重要[6,22,26]。

4.2 小儿骨科手术

PENG阻滞技术的精细化改良已延伸至特殊群体。在小儿髋关节发育不良矫正术中,PENG阻滞展现出独特的临床适用性:通过调整穿刺平面与药物容量(0.2%罗哌卡因0.1 mL/kg),可使患儿术后24 h疼痛行为评分维持在轻度疼痛阈值以下,较常规镇痛方案降低65%以上,显著降低了传统髂筋膜阻滞可能引发的股神经运动支抑制风险,为骨科手术患儿加速康复提供了新路径[27]。

5 总结与展望

PENG阻滞在全髋关节置换术患者中的应用效果较好,其在提升镇痛效果、减少阿片类药物使用、降低不良事件发生率以及促进术后康复方面具有显著优势,随着对髋部疼痛机制及下肢解剖学研究的深入,超声引导下PENG阻滞的临床应用正不断拓展。然而,鉴于PENG阻滞技术相对较新,且相关研究报道较少,可供借鉴的经验有限,应高度警惕可能出现的并发症,如阻滞后感染、血肿、过敏反应、局部麻醉药物中毒、穿刺针引起的神经或脏器损伤等。针对凝血功能障碍患者(国际标准化比值>1.5),推荐使用25G细针以减少血肿形成;对既往有神经病变的患者,应避免使用肾上腺素(可能加重缺血)。尽管现有研究凸显出了PENG阻滞在减少阿片类药物使用和促进早期下床活动中的优势[24],但其长期效益(如术后3个月功能恢复)尚未明确,未来需开展多中心长期随访研究,明确PENG阻滞对患者生活质量的综合影响。另外,关于阻滞的最佳进针点、进针深度、局部麻醉药物扩散机制及其对手术的影响等方面,仍未达成共识。因此,为了增加对PENG阻滞的认识,推动其临床应用,未来亟需更多高质量的前瞻性研究进行探讨。

[参考文献]

[1] Garip L, Balocco AL, Van Boxstael S. From emergency department to operating room: interventional analgesia techniques for hip fractures [J]. Curr Anesthesiol Rep, 2021, 34(5): 641-647. doi: 10.1097/ACO.0000000000001.

[2] Del Buono R, Padua E, Pascarella G, et al. Pericapsular nerve group block: an overview [J]. Minerva Anestesiol, 2021, 87(4): 458-466. doi: 10.23736/s0375-9393.20.14798-9.

[3] Laumonerie P, Dalmas Y, Tibbo ME, et al. Sensory innervation of the hip joint and referred pain: a systematic review of the literature [J]. Pain Med, 2021, 22(5): 1149-1157. doi: 10.1093/pm/pnab061.

[4] Kalagara H, Nair H, Kolli S, et al. Ultrasound imaging of the spine for central neuraxial blockade: a technical description and evidence update [J]. Curr Anesthesiol Rep, 2021, 11(3): 326-339. doi: 10.1007/s40140-021-00456-3.

[5] Short AJ, Barnett JJG, Gofeld M, et al. Anatomic study of innervation of the anterior hipcapsule: implication for image-guided intervention [J]. Reg Anesth Pain Med, 2018, 43(2): 186-192. doi: 10.1097/AAP.0000000000000701.

[6] Balocco AL, Claes E, Lopez A, et al. Selective periarticular blocks for postoperative painafter hip and knee arthroplasty [J]. Curr Opin Anaesthesiol, 2021, 34(4): 544-552. doi: 10.107/ACO.0000000000000943.

[7] Girón-Arango L, Peng PWH, Chin KJ, et al. Pericapsular nerve group (PENG) block for hipfracture [J]. Reg Anesth Pain Med, 2018, 43(8): 859-863. doi: 10.1097/AAP.0000000000000847.

[8] Acharya U, Lamsal R. Pericapsular nerve group block: an excellent option for analgesia for positional pain in hip fractures [J]. Case Rep Anesthesiol, 2020, 2020: 1830136. doi: 10.1155/2020/1830136.

[9] Mysore K, Sancheti SA, Howells SR, et al. Postoperative analgesia with pericapsular nerve group (PENG) block for primary total hip arthroplasty: a retrospective study [J]. Can J Anaesth, 2020, 67(11): 1673-1674. doi: 10.1007/s12630-020-01751-z.

[10] 谢颖超,王美容,李志鹏,等. 超声引导下髋关节囊周神经丛阻滞对股骨颈骨折老年患者摆放侧卧位时疼痛的影响[J]. 临床麻醉学杂志,2020,36(8):754-758. doi:10.12089/jca.2020.08.006.

[11] Ciftci B, Ahiskalioglu A, Altintas HM, et al. A possible mechanism of motor blockade of high volume pericapsular nerve group (PENG) block: a cadaveric study [J]. J Clin Anesth, 2021, 74: 110407. doi: 10.1016/j.jclinane.2021.110218.

[12] 单 涛,韩 流,葛德高,等. 超声引导下髋关节囊周围神经阻滞联合椎管内麻醉在老年患者全髋关节置换术中的应用[J]. 临床麻醉学杂志,2021,37(5):458-461. doi:10.12089/jca.2021.05.002.

[13] Ahiskalioglu A, Aydin ME, Ozkaya F, et al. A novel indication of pericapsular nerve group (PENG) block: prevention of adductor muscle spasm [J]. J Clin Anesth, 2020, 60: 51-52. doi: 10.1016/j.jclinane.2019.08.034.